

10/516390  
BT15 REC'd PCT/PTO 30 NOV 2004

PATENT APPLICATION  
ATTORNEY DOCKET NO.: 15115/141001

**APPLICATION**  
**FOR**  
**UNITED STATES LETTERS PATENT**

**TITLE: OPTICAL SWITCH**

**APPLICANT: Tomoki UESUGI; Yoichi NAKANISHI;  
Kazuki FUKUDA**

**22511**  
PATENT TRADEMARK OFFICE

**"EXPRESS MAIL" Label No.: EV535681784US**

**Date of Deposit: November 30, 2004**

WO 2004/003623

PCT/JP2003/008187

## 明細書

## 光スイッチ

技 術 分 野

本発明は、入力用光路（例えば、入力用光ファイバ）と出力用光路（例えば、出力用光ファイバ）との結合関係を切り換えるための光スイッチに関する。

背 景 技 術

光通信の分野においては、光ファイバ伝送路や光送受信端末装置などを切り換えるために光スイッチが用いられている。図1（a）、（b）に示すものは、従来より提案されている2×2型光スイッチの主要部分の構造を説明する平面図及び断面図である。この光スイッチにあっては、平板状をしたスイッチ基板2に凹部3が設けられており、凹部3の内側面に90度の角度をなすようにして第1及び第2の光反射面4、5が形成されている。また、スイッチ基板2の底面には弾性を有する長尺の可撓性部材6が片持ち状に設けられており、可撓性部材6の先端にはキューブ状の可動反射部材7が固定されている。可動反射部材7は、第1及び第2の光反射面4、5によって構成された内隅部分に位置するように配置されており、可動反射部材7の隣接する2面には第3及び第4の光反射面8、9が形成されている。可撓性部材6は、図1（b）に示すように、上下に屈曲するようになっており、第1及び第2の光反射面4の内隅部に位置していた可動反射部材7は、可撓性部材6が下方へ屈曲することによって第1及び第2の光反射面4、5よりも下方へ下降する。図示しないが、このスイッチ基板2の下方には、電磁石が設置されており、電磁石を励磁すると、可撓性部材6が下方へ吸着されて可動反射部材7が下方へ下がり、電磁石を消磁すると、可撓性部材6が上方へ復帰して可動反射部材7が第1及び第2の光反射面4、5の前に戻る。

図2（a）、（b）は上記光スイッチによる切替え動作を説明するための図である。この例では、第1の光反射面4に対向させて第1の入力用光ファイバ10を配置し、第4の光反射面9に対向させて第2の入力用光ファイバ11を配置し、

第3の光反射面8に対向させて第1の出力用光ファイバ12を配置し、第2の光反射面5に対向させて第2の出力用光ファイバ13を配置している。

しかして、可動反射部材7が上昇して第1及び第2の光反射面4、5の前面に位置している場合には、図2(a)に示すように、第1の入力用光ファイバ10から出射された光14は、第1の光反射面4及び第3の光反射面8で反射された後に第1の出力用光ファイバ12に結合する。第2の入力用光ファイバ11から出射された光15は、第4の光反射面9及び第2の光反射面5で反射された後に第2の出力用光ファイバ13に結合する。

また、可動反射部材7が下降して第1及び第2の光反射面4、5の前面にない場合には、図2(b)に示すように、第1の入力用光ファイバ10から出射された光14は、第1の光反射面4及び第2の光反射面5で反射された後に第2の出力用光ファイバ13に結合する。第2の入力用光ファイバ11から出射された光15は、第2の光反射面5及び第1の光反射面4で反射された後に第1の出力用光ファイバ12に結合する。

従って、このような光スイッチによれば、電磁石で可撓性部材6を駆動させて可動反射部材7を昇降させることにより、第1の入力用光ファイバ10及び第2の入力用光ファイバ11から出射された光の結合先を、第1の出力用光ファイバ12と第2の出力用光ファイバ13との間で切り換えることができる。

しかし、このような構造の光スイッチでは、第1及び第2の光反射面4、5と第3及び第4の光反射面8、9とが互いに別個の部材(スイッチ基板2の凹部内側面と可動反射部材7)に設けられているので、光スイッチの組立て工程や、光スイッチと光ファイバとの結合作業時において、各光反射面と光ファイバとの位置合わせが非常に煩雑になり、作業が困難であった。

具体的に説明すると、以下のとおりである。まず、可撓性部材6に可動反射部材7を取付ける前の状態において、第1及び第2の入力用光ファイバ10、11と第1及び第2の出力用光ファイバ12、13を平行に配置した後、図2(b)のように、第1の出力用光ファイバ12に第2の入力用光ファイバ11から出射された光15が入射し、第2の出力用光ファイバ13に第1の入力用光ファイバ10から出射された光14が入射するように、4本の光ファイバ10、11、12、13

2及び13の位置を入出射の組み合わせ毎に調芯し、その調芯後の状態で各光ファイバ10、11、12及び13を接着剤等で固めて固定する。ついで、第2の入力用光ファイバ11及び第1の出力用光ファイバ12の前方に可動反射部材7を配置し、可動反射部材7を動かしてその位置及び角度を調整する。図2(a)に示すように、第1の出力用光ファイバ12に第1の入力用光ファイバ10から出射された光14が入射し、第2の出力用光ファイバ13に第2の入力用光ファイバ11から出射された光15が入射するよう、各光ファイバ10、11、12及び13に対して可動反射部材7の位置及び角度が調整されたら、その状態で可動反射部材7を可撓性部材6の先端部上面に接着剤等で固定する。

ところが、可動反射部材7を可撓性部材6に取り付ける前の状態で各光ファイバ10、11、12及び13を調芯した後、各光ファイバ10、11、12及び13は固定されているので、続けて可動反射部材7を光ファイバ11、12の前方において可動反射部材7の位置及び角度を調整しようとしても、光ファイバ10、11、12及び13の位置関係は変えることができないので、高精度で可動反射部材7の位置及び角度を調整することはできない。また、第1の光反射面4及び第2の光反射面5の位置にバラツキがあると、光反射面4、5を基準にして位置決めされた光ファイバ10、11、12及び13の位置にもバラツキが生じるので、可動反射部材7の位置や角度の調整が余計困難になる。そのため、このような構造の光スイッチでは、可動反射部材7を取付ける前と後とで、各光ファイバ10、11、12及び13の位置と可動反射部材7の位置及び角度を試行錯誤的に調整しなければならず、このことが光スイッチの組立てを困難にしていた。

## 発 明 の 開 示

本発明は、このような点に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、入力用光路と出力用光路との結合関係を切り換えるための光スイッチにおいて、入力用光路や出力用光路と光反射面との軸芯合わせを簡単に行えるようにすることにある。

本発明にかかる光スイッチは、合計で少なくとも3本の入力用光路及び出力用光路を備え、互いに光を伝送し合う入力用光路と出力用光路の組み合わせを変更

することにより光路切り替えを行う光スイッチにおいて、入力用光路及び出力用光路に対して相対的に移動可能となったミラー部材の正面を前記入力用光路及び前記出力用光路に対向させ、所定角度をなして互いに交わる一対の光反射面を形成された第1の領域と、隣接する光反射面どうしが所定角度をなして互いに交わる複数対の光反射面を形成された第2の領域とを、前記ミラー部材の正面にその移動方向に沿って配設したものである。

ここで、入力用光路とは、光を透過伝搬させて空間へ光を出射する光伝送媒体であって、例えば光ファイバや光導波路等によって構成されている。出力用光路とは、空間から入射した光を透過伝搬させる光伝送媒体であって、例えば光ファイバや光導波路等によって構成されている。

本発明にかかる光スイッチによれば、例えば入力用光路と出力用光路とがいずれも複数本である場合には、本発明に実施態様の光スイッチのように、一部の入力用光路から出射された光は、第1の領域に設けられた光反射面で反射されることによって一部の出力用光路に入射させられ、他の入力用光路から出射された光は、第1の領域に設けられた光反射面で反射されることによって他の出力用光路に入射させられ、また、前記一部の入力用光路から出射された光は、第2の領域に設けられた光反射面で反射されることによって前記他の出力用光路に入射させられ、前記他の入力用光路から出射された光は、第2の領域に設けられた光反射面で反射されることによって前記一部の出力用光路に入射させられるように構成することができるので、ミラー部材を相対的に移動させて光を反射させる領域を第1の領域と第2の領域とで切り替えることにより、入力用光路と出力用光路との結合関係を切り替えることができる。(なお、この実施態様の記載は、本発明の光スイッチにおいて、入力用光路又は出力用光路のいずれか一方が1本である場合や、入力用光路と出力用光路の本数が等しくない場合を排除するものではない。)

しかも、この光スイッチにあつては、一対の光反射面を形成された第1の領域と複数対の光反射面を形成された第2の領域とをミラー部材に一体に形成しているので、第1の領域の光反射面と第2の領域の光反射面との位置ずれや角度誤差が、部品精度のみ(組立てによる影響を受けない)になって、非常に小さく、且

つ安定したものになり、入力用光路及び出力用光路と各光反射面との位置調整作業を容易に行うことができる。

本発明の別な実施態様による光スイッチは、前記ミラー部材を移動させるためのアクチュエータを備えているので、電氣的信号によって光スイッチを切り替えることができる。

本発明のさらに別な実施態様による光スイッチは、前記入力用光路及び前記出力用光路の、前記ミラー部材の正面と対向する部分を一体に構成しているので、入力用光路及び出力用光路の全体とミラー部材との位置調整を行えばよくなり、位置調整作業をより一層簡略にすることができる。

また、本発明のさらに別な実施態様による光スイッチは、前記ミラー部材の正面のうち前記第１の領域又は前記第２の領域のうちいずれが前記入力用光路及び前記出力用光路に対向しているか、をモニタリングする手段を備えているので、当該モニタリング手段を通じて例えば電気信号により光スイッチの切替状態を知ることができる。

本発明のさらに別な実施態様による光スイッチは、前記入力用光路から出射された光が、前記入力用光路から出射された後、第１の領域に設けられた光反射面で反射されて出力用光路に入射するまでの空間光路長と、前記入力用光路から出射された光が、前記入力用光路から出射された後、第２の領域に設けられた光反射面で反射されて出力用光路に入射するまでの空間光路長とが等しくなるようにしている。

ここで、空間光路長とは、入力用光路から出射された光が出力用光路に入射するまでに光が伝搬する光路の光学的な光路長である。一般に、第１の領域と第２の領域が入出力用光路から等しい距離にあれば、第１の領域に設けられた光反射領域で反射される光の空間光路長よりも、第２の領域に設けられた光反射領域で反射される光の空間光路長の方が短くなるので、両者の光路長を等しくするためには、第１の領域よりも第２の領域の方が入出射用光路から遠くなるように配置すればよい。

このさらに別な実施態様による光スイッチにあつては、第１の領域で反射される光の空間光路長と第２の領域で反射される光の空間光路長とが等しくなってい

るので、光スイッチの切替えに伴うレンズ位置の調整などが不要になり、また、光の結合効率の変化も起こらなくなる。

なお、この発明の以上説明した構成要素は、可能な限り任意に組み合わせることができる。

#### 図面の簡単な説明

図1 (a)、(b) は、従来例の2×2型光スイッチの主要部分の構造を説明する平面図及び断面図である。

図2 (a)、(b) は、上記光スイッチによる切替え動作を説明する図である。

図3 は、本発明の第1の実施形態による光スイッチの外観斜視図である。

図4 は、同上の光スイッチの概略断面図である（カバーは図示省略）。

図5 は、図3の光スイッチの内部構造を示す斜視図である。

図6 は、ミラーユニットの構造を示す斜視図である。

図7 は、同上のミラーユニットに用いられている被駆動部の構造を説明するための平面図である。

図8 は、被駆動部上に固定されているミラーブロックの形状を示す斜視図である。

図9 (a)、(b) は、同上のミラーブロックの平面図及び正面図である。

図10 は、光ファイバ設置ユニットを構成する支持台の斜視図である。

図11 は、光ファイバ設置ユニットを構成する調整板と光ファイバアレイを示す斜視図である。

図12 は、光ファイバアレイの分解斜視図である。

図13 (a)、(b) は、本発明にかかる光スイッチの作用説明図である。

図14 は、光ファイバ設置ユニットの別な例を示す平面図である。

図15 (a)、(b) 及び (c) は、本発明の第2の実施形態に用いられるミラーブロックを示す一部破断した平面図、正面図及び一部破断した下面図である。

図16 は、本発明の第3の実施形態に用いられるミラーブロックの斜視図である。

図17 (a) は、同上のミラーブロックの平面図、図17 (b) は図17 (a)

のX-X線断面図、図17(c)は図17(a)のY-Y線断面図である。

図18(a)、(b)は、本発明の第4の実施形態であって、1×2型の光スイッチの作用説明のための概略図である。

図19(a)、(b)は、本発明の第5の実施形態であって、4×4型の光スイッチの作用説明のための概略図である。

図20は、本発明の第6の実施形態による光スイッチに用いられるミラーブロックの斜視図である。

図21(a)、(b)は、同上のミラーブロックの作用説明図である。

#### 発明を実施するための最良の形態

以下、本発明を実施するための最良の形態について、図面を参照しながら詳細に説明する。

##### (第1の実施形態)

図3は本発明の第1の実施形態による光スイッチの外観斜視図、図4は当該光スイッチの要部の断面図である。また、図5は当該光スイッチの内部構造を示す斜視図である。この実施形態は、2本の入力用光ファイバと、2本の出力用光ファイバとの結合関係を切り換えることができる2×2型光スイッチである。この光スイッチ21は、光スイッチ本体22とカバー23とからなり、光スイッチ本体22は、図5に示すように構成されている。まず、この光スイッチ21の各部の構成から説明する。

図5に示すように、光スイッチ本体22は、基板24上にミラーユニット25、光ファイバ設置ユニット26、光ファイバアレイ27を実装して構成されている。ミラーユニット25は、基板24内の一方に実装されており、光ファイバアレイ27は、基板24内の他方に固定された光ファイバ設置ユニット26に保持されていて、ミラーユニット25と対向している。

基板24の上面にはミラーユニット25を実装するための電極パッド30が設けられ、基板24の下面には、図4に示すように、光スイッチ21のリード足31が設けられている。なお、リードは図4に示すリード足31のように回路基板に差し込むタイプのものに限らず、表面実装型のリードであってもよい。



図 6 はミラーユニット 25 の構造を示す斜視図である。このミラーユニット 25 にあっては、上面が開口したハウジング 37 内に電磁石 38 が納められており (図 4 参照)、電磁石 38 の上方に被駆動部 39 が配設されている。図 7 は被駆動部 39 の構造を示す一部省略した平面図である。被駆動部 39 は長形状をした鉄片 40 と、鉄片 40 の両側に平行に配置された一对の金属製バネ片 43 とを樹脂モールド部 44 によって成形一体化したものであり、鉄片 40 の両端部とバネ片 43 の両端部はいずれも樹脂モールド部 44 から露出している。また、各バネ片 43 の外側中央部からは、ねじれ変形軸 41 が突出しており、ねじれ変形軸 41 の先端に固定片 42 が設けられている。ねじれ変形軸 41 及び固定片 42 も樹脂モールド部 44 から露出している。さらに、図 4 に示すように、鉄片 40 の下面中央部には、永久磁石 45 が固着されている。

被駆動部 39 は、電磁石 38 の上方に配設されて固定片 42 をハウジング 37 の上面に固定されており、ねじれ変形軸 41 によって揺動自在に支持されている。従って、被駆動部 39 は、ねじれ変形軸 41 をねじれ変形させることにより、ねじれ変形軸 41 を中心として回転できる。

電磁石 38 は、図 4 に示すように、コア 46 の外周にコイル 47 を巻き回したものである。コア 46 は永久磁石によって形成されており、コア 46 の両端部は上方へ延びて (コア 46 の両端の上方へ延びている部分を、ヨーク部 48 a、48 b という。) 鉄片 40 の両端部下面に対向し、ヨーク部 48 a、48 b はそれぞれ S 極と N 極とに磁化されている。また、鉄片 40 の下面には、永久磁石 45 が接合されているので、鉄片 40 は全体が同一極に磁化されている (例えば、永久磁石 45 の S 極面が鉄片 40 に接合されていると、鉄片 40 は S 極となる。)。なお、ミラーユニット 25 のリード足 69 は、ハウジング 37 の両側面に設けられている。

このような構造のミラーユニット 25 の動作及び原理については、特開平 10-255631 号公報に開示されている。簡単にいうと、電磁石 38 がコイル 47 に流す電流の向きによって被駆動部 39 を異なる方向に回転させることができ、しかも、鉄片 40 のいずれか一方の端部がいずれかのヨーク部 48 a、48 b に吸着されると、コイル 47 の電流をオフにしても鉄片 40 はいずれかのヨ

ク部 48a、48b に吸着された状態を維持する。すなわち、両方向でラッチ動作し、切替状態を保持するために電力を消費しない。

このようにして電磁石 38 によって、被駆動部 39 が駆動されると、鉄片 40 の端がヨーク部 48a、48b に当接することにより、鉄片 40 は常に所定角度で停止させられる。また、鉄片 40 が傾くと、それと共にバネ片 43 も傾く。バネ片 43 の両端部下面には電気接点が設けられており、バネ片 43 の電気接点に対向する位置には、バネ片 43 が接触したことを検出するための検知部 49a、49b（例えば、電氣的な接点）がそれぞれ設けられており、いずれの検知部 49a、49b から検知信号が出力されているかによってミラーブロック 50 が上昇しているか、下降しているかをモニターすることができる。

図 8 は、鉄片 40 の端部に固定されているミラーブロック 50 の形状を示す斜視図であり、図 9 (a)、(b) はその平面図及び正面図である。ミラーブロック 50 は、金属、ガラス、プラスチック等によってほぼ直方体状に形成されている。ミラーブロック 50 の前面には 90 度の角度を成すようにして左右に第 1 の光反射面 51 と第 2 の光反射面 52 が形成されている。さらに、ミラーブロック 50 の前面上半分では、90 度の角度を成すようにして左右に第 3 の光反射面 53 と第 4 の光反射面 54 が突出している。ここで、第 3 の光反射面 53 と第 1 の光反射面 51 も 90 度の角度を成しており、第 4 の光反射面 54 と第 2 の光反射面 52 も 90 度の角度を成している。従って、ミラーブロック 50 の前面上半分では、互いに 90 度の角度を成すようにして第 1 の光反射面 51、第 3 の光反射面 53、第 2 の光反射面 52 及び第 4 の光反射面 54 が W 溝状に形成されており、ミラーブロック 50 の前面下半分では、互いに 90 度の角度を成すようにして第 1 の光反射面 51 と第 2 の光反射面 52 が V 溝状に形成されている。具体的には、ミラーブロック 50 の上半分では、中心面に関して第 1 の光反射面 51 及び第 3 の光反射面 53 と第 2 の光反射面 52 及び第 4 の光反射面 54 とが面対称となっており、ミラーブロック 50 の下半分では、中心面に関して第 1 の光反射面 51 と第 2 の光反射面 52 が面対称となっている。

ミラーブロック 50 は下面を鉄片 40 の端部上面に接着剤により接着して固定されており、W 溝状の光反射面 51、52、53 及び 54 が上になり、V 溝状の

光反射面 5 1、5 2 が下になっている。これとは反対に、V 溝状の光反射面 5 1、5 2 が上になり、W 溝状の光反射面 5 1、5 2、5 3 及び 5 4 が下になるようにして、ミラーブロック 5 0 の上面を下にして鉄片 4 0 に接着することも可能である。しかし、このような構造では、ミラーブロック 5 0 の接着作業時に、第 1 の光反射面 5 1 と第 3 の光反射面 5 3 の間と、第 4 の光反射面 5 4 と第 2 の光反射面 5 2 の間との 2 本の V 溝から接着剤が毛細管現象によって昇り、光反射面を汚し易くなる。本実施形態のように、ミラーブロック 5 0 の下面を下にして鉄片 4 0 に接着すれば、接着剤は第 1 の光反射面 5 1 と第 2 の光反射面 5 2 の間の 1 本の V 溝を通してしか昇らないので、光反射面が接着剤で汚れにくくなる。

光ファイバ設置ユニット 2 6 は、図 1 0 に示す略 U 字状をした支持台 5 5 と、図 1 1 に示す調整板 5 6 とからなる。支持台 5 5 は、両側部上面に凹部 5 8 を設けられており、予め底面を基板 2 4 の上面に固定されている。調整板 5 6 は、両側面からそれぞれ棒状をしたアーム 5 7 を延出されている。この調整板 5 6 は、支持台 5 5 に取付けられる前に、光ファイバアレイ 2 7 の下面に接着剤で固定される。ついで、光ファイバアレイ 2 7 を載置された調整板 5 6 のアーム 5 7 を支持台 5 5 の凹部 5 8 に納め、光ファイバアレイ 2 7 の位置を調整した後、接着剤によってアーム 5 7 を凹部 5 8 内に固定し、空中において調整板 5 6 で光ファイバアレイ 2 7 を支持させる。

図 1 2 は光ファイバアレイ 2 7 の分解斜視図である。この光ファイバアレイ 2 7 にあっては、ホルダー 5 9 内に 4 本の光ファイバ 3 2、3 3、3 4 及び 3 5 の端部が保持されている。各光ファイバ 3 2、3 3、3 4 及び 3 5 の先端部は、ホルダー 5 9 内で精密に軸心を位置決めされ、所定ピッチで一行に平行に配列され、その状態で固定されている。具体的には、順次、第 1 の入力用光ファイバ 3 2、第 1 の出力用光ファイバ 3 4、第 2 の入力用光ファイバ 3 3、第 2 の出力用光ファイバ 3 5 が配列されている。ホルダー 5 9 に光ファイバ 3 2、3 3、3 4 及び 3 5 を精密に位置決めする手段としては、多芯のフェルールに嵌め込んでもよく、光ファイバ 3 2、3 3、3 4 及び 3 5 を V 溝状のグループにはめ込むことによっても行ってもよい。また、ホルダー 5 9 の前面にはレンズアレイ 6 0 が接着剤等で固定されており、レンズアレイ 6 0 には光ファイバ 3 2、3 3、3 4 及び 3 5 の

各端面に対向させて微小な結合用レンズ61が成形されている。このレンズアレイ60としては、透明樹脂基板に透明樹脂からなる結合用レンズ61を設けてもよく、ガラス基板にガラスからなる結合用レンズ61を設けてもよく、透明樹脂基板にガラスからなる結合用レンズ61を設けてもよく、ガラス基板に透明樹脂からなる結合用レンズ61を設けてもよい。このレンズアレイ60は、未硬化の接着剤を挟んでホルダー59の前面に配置した後、各光ファイバ32、33、34及び35から各結合用レンズ61に光を出射させ、各結合用レンズ61を通過した光をモニターすることによって光ファイバ32、33、34及び35と結合用レンズ61の光軸合せを行い、その状態で接着剤を硬化させてホルダー59の前面に固定される。

つぎに、この光スイッチ21の組立て工程を説明する。光スイッチ21の組立て工程においては、まず基板24の電極パッド30にミラーユニット25のリード足69をハンダ付けすることにより、基板24上にミラーユニット25を実装する。ミラーユニット25には予めミラーブロック50が取付けられている。光ファイバ設置ユニット26の支持台55も、ミラーユニット25と対向する位置に配置され、予め基板24の上面に接着される。

ついで、図11に示すように光ファイバアレイ27の下面に調整板56を接着して光ファイバアレイ27と調整板56を一体化しておく。この光ファイバアレイ27をロボットハンドで掴み、光ファイバアレイ27を支持台55の上方へ搬入し、光ファイバアレイ27の下面に固定されている調整板56のアーム57を支持台55の凹部58内に納める。

この後、ミラーブロック50を上昇させて第1の光反射面51及び第2の光反射面52を光ファイバ32、33、34及び35に対向させた状態で、光ファイバアレイ27を動かして光軸位置の調整を行い（図13（b）参照）、光ファイバアレイ27の位置をコンピュータに記憶させる。ついで、ミラーブロック50を下降させて第1の光反射面51、第3の光反射面53、第4の光反射面54及び第2の光反射面52を光ファイバ32、33、34及び35に対向させた状態で、光ファイバアレイ27を動かして光軸位置の調整を行い（図13（a）参照）、光ファイバアレイ27の位置をコンピュータに記憶させる。こうして、ミラーブ

ロック 50 を上昇させた状態と下降させた状態で光ファイバアレイ 27 の光軸調整位置を検出し、各位置をコンピュータに記憶させると、コンピュータはそのデータに基づいて最適位置を演算する（例えば、両位置の平均位置を求める。）。光ファイバアレイ 27 の最適位置がコンピュータによって演算されると、光ファイバアレイ 27 はロボットハンドによって最適位置となるように微調整され、その状態に保持される。この状態を保ったままで、アーム 57 と凹部 58 の間に紫外線硬化型接着剤を滴下し、紫外線硬化型接着剤に紫外線を照射して硬化させ、接着剤によってアーム 57 を凹部 58 内に固定し、光ファイバアレイ 27 を最終調整位置に固定する。尚、アーム 57 を固定するための接着剤として、即硬化型の接着剤であれば、紫外線硬化型接着剤に限らない。また、接着剤に限らず、半田等によってアーム 57 を固定するようにしてもよい。

こうして基板 24 内にミラーユニット 25 と光ファイバ設置ユニット 26 を取付けることにより、光スイッチ本体 22 が組立てられる。この光スイッチ本体 22 においては、ミラーユニット 25 のミラーブロック 50 と、光ファイバアレイ 27 の各光ファイバ 32、33、34 及び 35 の端面とが互いに対向しており、ミラーユニット 25 の電磁石 38 を励磁して鉄片 40 のミラーブロック 50 が設けられているのと反対側の端部を吸着させると、ミラーブロック 50 が上昇する。この状態では、第 3 の光反射面 53 及び第 4 の光反射面 54 は光ファイバ 32、33、34 及び 35 の端部の軸心が含まれる平面よりも上に上がり、図 13 (b) に示すように、ミラーブロック 50 の下半分で第 1 の入力用光ファイバ 32 及び第 1 の出力用光ファイバ 34 が第 1 の光反射面 51 に対向し、第 2 の入力用光ファイバ 33 及び第 2 の出力用光ファイバ 35 が第 2 の光反射面 52 に対向する。また、ミラーユニット 25 の電磁石 38 を励磁して鉄片 40 のミラーブロック 50 が設けられている側の端部を吸着させると、ミラーブロック 50 が下に下がる。この状態では、図 13 (a) に示すように、ミラーブロック 50 の上半分で第 1 の入力用光ファイバ 32 が第 1 の光反射面 51 に対向し、第 1 の出力用光ファイバ 34 が第 3 の光反射面 53 に対向し、第 2 の入力用光ファイバ 33 が第 4 の光反射面 54 に対向し、第 2 の出力用光ファイバ 35 が第 2 の光反射面 52 に対向する。

しかして、各光ファイバ32、33、34及び35と各光反射面51、52、53及び54との位置関係が正しく調整されているとすれば、図13(a)のようにミラーブロック50が下降している切り替え状態の光スイッチ21では、第1の入力用光ファイバ32から出射された光66は第1の光反射面51及び第3の光反射面53で反射された後、第1の出力用光ファイバ34に入射する。また、第2の入力用光ファイバ33から出射された光67は第4の光反射面54及び第2の光反射面52で反射された後、第2の出力用光ファイバ35に入射する。よって、この切り替え状態では、第1の入力用光ファイバ32と第1の出力用光ファイバ34が結合され、第2の入力用光ファイバ33と第2の出力用光ファイバ35とが結合されている。

これに対し、図13(b)のようにミラーブロック50が上昇している切り替え状態の光スイッチ21では、第1の入力用光ファイバ32から出射された光66は第1の光反射面51及び第2の光反射面52で反射された後、第2の出力用光ファイバ35に入射する。また、第2の入力用光ファイバ33から出射された光67は第2の光反射面52及び第1の光反射面51で反射された後、第1の出力用光ファイバ34に入射する。よって、この切り替え状態では、第1の入力用光ファイバ32と第2の出力用光ファイバ35が結合され、第2の入力用光ファイバ33と第1の出力用光ファイバ34とが結合される。

なお、ミラーブロック50と光ファイバアレイ27とを精密に位置調整したとしても、接着剤が完全に硬化するまでにアーム57が動いたりして、光ファイバアレイ27の取り付け後に再度位置調整したい場合も考えられる。そのような場合に対処するためには、図14に示すように、アーム57を屈曲又は蛇行した形状にしておき、調整板56を支持台55に固定した後でも、アーム57を塑性変形させて調整板56と共に光ファイバアレイ27を動かし、光ファイバアレイ27を縦方向及び横方向に位置調整し、あるいは、光ファイバアレイ27の角度を調整できるようにしてもよい。

光ファイバアレイ27の位置調整が完了したら、光スイッチ本体22の上面をカバー23で覆って光スイッチ本体22の上面を封止する。これにより、封止構造の光スイッチ21が製造される。

## (第2の実施形態)

図15(a)、(b)及び(c)は本発明の第2の実施形態による光スイッチに用いられるミラーブロック50の構造を示す一部破断した平面図、正面図及び一部破断した下面図である。このミラーブロック50にあつては、第1の光反射面51と第2の光反射面52の間のV溝、第1の光反射面51と第3の光反射面53の間のV溝、第4の光反射面54と第2の光反射面52の間のV溝において、各V溝の最深部を埋めることによってそれぞれ平面部62、63、63を形成し、ミラーブロック50の接着時にV溝の奥で毛細管現象により接着剤を吸い上げにくくしている。図では、V溝の奥が平面になっているが、曲面であっても差し支えない。このようにして、V溝の奥の溝幅に下限値を設定すれば、接着剤を光反射面に吸い上げにくくなるので、より一層光反射面が接着剤で汚れにくくなる。

なお、この実施形態では、第1の光反射面51と第2の光反射面52の間のV溝の開口幅W1が1mmで、第1の光反射面51と第3の光反射面53の間のV溝と第4の光反射面54と第2の光反射面52の間のV溝の各開口幅W2が0.5mmであり、V溝の奥の平面部62、63の幅W3はほぼ50 $\mu$ mとなっている。

## (第3の実施形態)

上記のような構造のミラーユニット25では、鉄片40をシーソー状に回転させてミラーブロック50を昇降させているので、ミラーブロック50が上昇しているときと、ミラーブロック50が下降しているときとで、ミラーブロック50の正面(光反射面)の角度が上下に変化する。特に、ミラーユニット25を小型化すると、ミラーブロック50が昇降したときの角度の変化が大きくなり、入力用光ファイバ32、33から出てミラーブロック50で反射された光が出力用光ファイバ34、35から逸れる恐れがある。このような場合には、図16及び図17(a)、(b)、(c)に示すような構造のミラーブロック50を用いればよい。

図16は本発明の第3の実施形態による光スイッチに用いられるミラーブロック50の構造を示す斜視図である。図17(a)はミラーブロック50の平面図、図17(b)、(c)は、それぞれ図17(a)のX-X線断面図及びY-Y線断

面図である。このミラーブロック 50 にあつては、ミラーブロック 50 の正面の下半分においては、第 1 の光反射面 51 a と第 2 の光反射面 52 a によって V 溝状に形成されており、しかも、ミラーユニット 25 に取付けられたミラーブロック 50 が上昇したときに第 1 の光反射面 51 a 及び第 2 の光反射面 52 a に立てた法線が光ファイバ 32、33、34 及び 35 の先端の光軸と同一平面に含まれるよう、第 1 の光反射面 51 a 及び第 2 の光反射面 52 a を下方へ傾けている。さらに、ミラーブロック 50 の正面の上半分においては、第 1 の光反射面 51 b、第 2 の光反射面 52 b、第 3 の光反射面 53 及び第 4 の光反射面 54 によって W 溝状に形成されており、しかも、ミラーユニット 25 に取付けられたミラーブロック 50 が下降したときに第 1 の光反射面 51 b、第 2 の光反射面 52 b、第 3 の光反射面 53 及び第 4 の光反射面 54 の立てた各法線が光ファイバ 32、33、34 及び 35 の先端の光軸と同一平面に含まれるよう、第 1 の光反射面 51 b、及び第 2 の光反射面 52 b、第 3 の光反射面 53 及び第 4 の光反射面 54 を上方へ傾けている。

よって、このようなミラーブロック 50 を用いれば、ミラーブロック 50 で反射された光が光ファイバ 32、33、34 及び 35 の光軸を含む平面から外れることがなく、各光反射面 51 a、51 b、52 a、52 b、53 及び 54 と各光ファイバ 32、33、34 及び 35 との軸芯合せを容易に行えろと共に、光スイッチ 21 の結合効率を向上させることができる。

#### (第 4 の実施形態)

図 18 に示すものは、入力用光ファイバが 1 本で、出力用光ファイバが 2 本の、1 × 2 型の光スイッチである。この実施形態では、ミラーブロック 50 の下降時に、第 1 の出力用光ファイバ 34 が第 3 の光反射面 53 に対向し、入力用光ファイバ 64 が第 4 の光反射面 54 に対向し、第 2 の出力用光ファイバ 35 が第 2 の光反射面 52 に対向するように配置されている。

しかして、この光スイッチにおいては、ミラーブロック 50 が下降している切り替え状態では、図 18 (a) のように、入力用光ファイバ 64 から出射された光 65 は第 4 の光反射面 54 及び第 2 の光反射面 52 で反射された後、第 2 の出力用光ファイバ 35 に入射する。よって、この切り替え状態では、入力用光ファ



イバ64と第2の出力用光ファイバ35とが結合されている。

これに対し、ミラーブロック50が上昇している切り替え状態では、図18(b)のように、入力用光ファイバ64から出射された光65は第2の光反射面52及び第1の光反射面51で反射された後、第1の出力用光ファイバ34に入射する。よって、この切り替え状態では、入力用光ファイバ64と第1の出力用光ファイバ34とが結合される。

なお、入力用光ファイバが2本で、出力用光ファイバが1本の、1×2型の光スイッチも可能であることはもちろんである。

#### (第5の実施形態)

図19に示すものは、入力用光ファイバが4本で、出力用光ファイバが4本の、4×4型の光スイッチである。この光スイッチにおいては、ミラーブロック50が下降しているとき、第1の入力用光ファイバ71及び第2の入力用光ファイバ72が第1の光反射面51に対向し、第1の出力用光ファイバ75及び第2の出力用光ファイバ76が第3の光反射面53に対向し、第3の入力用光ファイバ73及び第4の入力用光ファイバ74が第4の光反射面54に対向し、第3の出力用光ファイバ77及び第4の出力用光ファイバ78が第2の光反射面52に対向するように配置されている。

しかして、ミラーブロック50が下降している切り替え状態では、第1の入力用光ファイバ71及び第2の入力用光ファイバ72から出射された光79、80は第1の光反射面51及び第3の光反射面53で反射された後、それぞれ第2の出力用光ファイバ76及び第1の出力用光ファイバ75に入射する。また、第3の入力用光ファイバ73及び第4の入力用光ファイバ74から出射された光81、82は第4の光反射面54及び第2の光反射面52で反射された後、それぞれ第4の出力用光ファイバ78及び第3の出力用光ファイバ77に入射する。よって、この切り替え状態では、第1の入力用光ファイバ71と第2の出力用光ファイバ76とが結合され、第2の入力用光ファイバ72と第1の出力用光ファイバ75とが結合され、第3の入力用光ファイバ73と第4の出力用光ファイバ78とが結合され、第4の入力用光ファイバ74と第3の出力用光ファイバ77とが結合される。

これに対し、図 19 (b) のようにミラーブロック 50 が上昇している切り替え状態では、第 1 の入力用光ファイバ 7 1 及び第 2 の入力用光ファイバ 7 2 から出射された光 7 9、8 0 は第 1 の光反射面 5 1 及び第 2 の光反射面 5 2 で反射された後、それぞれ第 4 の出力用光ファイバ 7 8 及び第 3 の出力用光ファイバ 7 7 に入射する。また、第 3 の入力用光ファイバ 7 3 及び第 4 の入力用光ファイバ 7 4 から出射された光 8 1、8 2 は第 2 の光反射面 5 2 及び第 1 の光反射面 5 1 で反射された後、第 2 の出力用光ファイバ 7 6 及び第 1 の出力用光ファイバ 7 5 に入射する。よって、この切り替え状態では、第 1 の入力用光ファイバ 7 1 と第 4 の出力用光ファイバ 7 8 とが結合され、第 2 の入力用光ファイバ 7 2 と第 3 の出力用光ファイバ 7 7 とが結合され、第 3 の入力用光ファイバ 7 3 と第 2 の出力用光ファイバ 7 6 とが結合され、第 4 の入力用光ファイバ 7 4 と第 1 の出力用光ファイバ 7 5 とが結合される。

#### (第 6 の実施形態)

第 1 の実施形態のようなミラーブロック 50 を用いた場合には、図 13 (a) (b) から分かるように、例えば第 1 の入力用光ファイバ 3 2 から出射された光 6 6 が第 1 の光反射面 5 1 と第 3 の光反射面 5 3 で反射されて第 1 の出力用光ファイバ 3 4 に入射する場合と、第 1 の入力用光ファイバ 3 2 から出射された光 6 6 が第 1 の光反射面 5 1 と第 2 の光反射面 5 2 で反射されて第 2 の出力用光ファイバ 3 5 に入射する場合とでは、第 1 の光反射面 5 1 から出射してから第 1 の出力用光ファイバ 3 4 又は第 2 の出力用光ファイバ 3 5 に入射するまでの空間光路長が異なる。従って、第 1 の出力用光ファイバ 3 4 に入射する光 6 6 と、第 2 の出力用光ファイバ 3 5 に入射する光 6 6 とでは、ファイバ端面における、光 6 6 の位相や光スポット径などが異なり、光スイッチを切り換えることによって光信号の特性が変化し、例えば、レンズ位置の調整が必要になったり、結合効率が変化する恐れがある。

図 20 に示すものは上記のような問題を解消するための、最適なミラーブロック 50 の構造を示す斜視図である。このミラーブロック 50 にあっては、ミラーブロック 50 の正面の下半分においては、第 1 の光反射面 5 1 a と第 2 の光反射面 5 2 a によって V 溝状に形成され、ミラーブロック 50 の正面の上半分におい

ては、第1の光反射面51b、第2の光反射面52b、第3の光反射面53及び第4の光反射面54によってW溝状に形成されている。しかも、上半分に形成されている第1の光反射面51b、第2の光反射面52b、第3の光反射面53及び第4の光反射面54が、下半分に形成されている第1の光反射面51aと第2の光反射面52aよりも後方へ後退させられており、それによってミラーブロック50の上半分を用いても、下半分を用いても空間光路長に変化がないようにしている。

図21(a)(b)は、ミラーブロック50が下降して第1の光反射面51b、第2の光反射面52b、第3の光反射面53及び第4の光反射面54が用いられている状態と、ミラーブロック50が上昇して第1の光反射面51aと第2の光反射面52aが用いられている状態とを表わしている。図13(a)(b)に示されている光66と光67の光路の幾何学的関係から分かるように、図13(a)の状態から図13(b)の状態へ切り換えたときに空間光路長が長くなる距離は、光66と光67とで等しいので、その距離の半分だけ第1の光反射面51b、第2の光反射面52b、第3の光反射面53及び第4の光反射面54を後方へ下げることで空間光路長が変化しないようにできる。

この実施形態によれば、光スイッチの切替えに伴うレンズ位置の調整などが不要になり、光の結合効率の変化も防止することができる。

なお、上記実施形態においては、ミラーユニット25の被駆動部39はシーソー状に駆動されてミラーブロック50を回動させていたが、被駆動部39を昇降させることによってミラーブロック50を上下に平行移動させるようにしてもよい。また、ミラーユニット25は電磁石によってミラーブロック50を動かすようにしていたが、ミラーユニット25は静電アクチュエータやボイスコイルなど他の方式でミラーブロック50を動かすようにしていても良い。また、電磁石を用いる場合でも、電磁石を1個だけにし、電磁石が励磁されている場合にはミラーブロック50が下降位置となり、電磁石が消磁されている場合にミラーブロック50が上昇位置となるようにしても良い。また、電磁石を用いる場合でも、ラッチの掛からないタイプのものであっても差し支えない。

産業上の利用可能性

本発明は、光通信で用いられる光ファイバ伝送路や光送受新端末を切り換えるための光スイッチに関するものであって、入力用光路（例えば、入力用光ファイバ）と出力用光路（例えば、出力用光ファイバ）との接合部分で用いることができる。

## 請求の範囲

1. 合計で少なくとも3本の入力用光路及び出力用光路を備え、互いに光を伝送し合う入力用光路と出力用光路の組み合わせを変更することにより光路切り替えを行う光スイッチにおいて、

入力用光路及び出力用光路に対して相対的に移動可能となったミラー部材の正面を前記入力用光路及び前記出力用光路に対向させ、所定角度をなして互いに交わる一対の光反射面を形成された第1の領域と、隣接する光反射面どうしが所定角度をなして互いに交わる複数対の光反射面を形成された第2の領域とを、前記ミラー部材の正面にその移動方向に沿って配設したことを特徴とする光スイッチ。

2. 前記ミラー部材を移動させるためのアクチュエータを備えた、請求項1に記載の光スイッチ。

3. 前記入力用光路及び前記出力用光路の、前記ミラー部材の正面と対向する部分を一体に構成したことを特徴とする、請求項1に記載の光スイッチ。

4. 複数本の前記入力用光路のうち一部の入力用光路から出射された光は、前記第1の領域に設けられた光反射面で反射されることによって複数本の前記出力用光路のうち一部の出力用光路に入射させられ、他の入力用光路から出射された光は、前記第1の領域に設けられた光反射面で反射されることによって他の出力用光路に入射させられ、また、前記一部の入力用光路から出射された光は、前記第2の領域に設けられた光反射面で反射されることによって前記他の出力用光路に入射させられ、前記他の入力用光路から出射された光は、前記第2の領域に設けられた光反射面で反射されることによって前記一部の出力用光路に入射させられることを特徴とする、請求項1に記載の光スイッチ。

5. 前記ミラー部材の正面のうち前記第1の領域又は前記第2の領域のうちいずれが前記入力用光路及び前記出力用光路に対向しているか、をモニタリングする手段を備えた、請求項1に記載の光スイッチ。

6. 前記入力用光路から出射された光が、前記入力用光路から出射された後、第1の領域に設けられた光反射面で反射されて出力用光路に入射するまでの空間光路長と、前記入力用光路から出射された光が、前記入力用光路から出射された後、第2の領域に設けられた光反射面で反射されて出力用光路に入射するまでの空間光路長とが等しくなるようにしたことを特徴とする、請求項1に記載の光スイッチ。